

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 15 983 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 N 5/33  
H 04 N 3/20  
H 04 N 3/15

21 Aktenzeichen: 197 15 983.4-31  
22 Anmeldetag: 17. 4. 97  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 9. 98

DE 197 15 983 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

AEG Infrarot-Module GmbH, 74072 Heilbronn, DE

72 Erfinder:

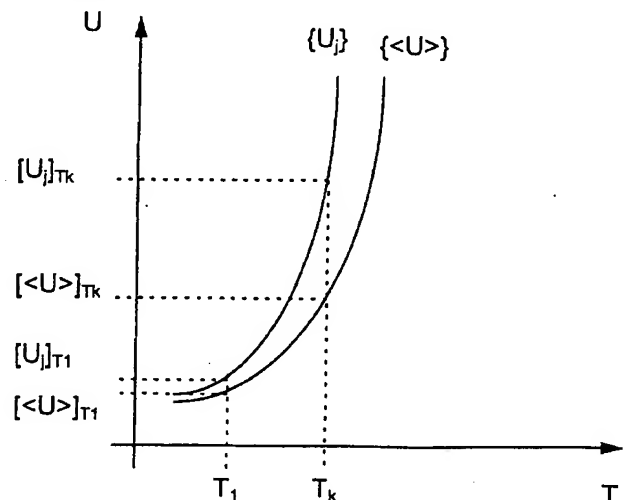
Breiter, Rainer, Dipl.-Ing. (FH), 74081 Heilbronn, DE;  
Cabanski, Wolfgang, Dipl.-Phys. (Univ.) Dr., 74072  
Heilbronn, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

EP 06 01 534 A1

54 Verfahren zum Korrigieren der Grauwerte von Bildern einer digitalen Infrarot-Kamera

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Korrigieren der Grauwerte von Bildern einer digitalen Infrarot-Kamera mit einem zweidimensionalen Detektor. Zunächst wird eine stationäre Korrektur an einer Referenzquelle durchgeführt und dabei werden Korrekturkoeffizienten ermittelt. Zur stationären Korrektur wird eine mittlere Grauwertkennlinie  $U_{\text{mittel}}(T)$  für den Detektor bestimmt und durch den Vergleich mit der Grauwertkennlinie  $U_j(T)$  für jeden Bildpunkt  $j$  des zweidimensionalen Detektors Korrekturkoeffizienten für jeden Bildpunkt  $j$  ermittelt. Dafür wird ein nichtlinearer Ansatz zur Anpassung der Grauwertkennlinie  $U_j(T)$  eines jeden Bildpunktes an die mittlere Grauwertkennlinie  $U_{\text{mittel}}(T)$  verwendet. Die Korrekturkoeffizienten werden in einem Speicher zur Korrektur der einzelnen Grauwerte  $U_j$  jedes Bildpunktes  $j$  während dem Betreiben abgelegt. Während dem Betreiben werden die Korrekturkoeffizienten dynamisch verbessert. Dazu werden die Grauwerte  $U_j$  eines Bildes erfaßt und die Grauwerte  $U_j$  des Bildes durch einen lokal wirkenden adaptiven Filter gefiltert. Anschließend wird der verbleibende Abbildungsfehler mit Hilfe der Grauwerte  $U_j$  des ungefilterten Bildes und der Grauwerte  $F(U_j)$  des gefilterten Bildes bestimmt und die Korrekturkoeffizienten mit Hilfe des ermittelten verbleibenden Abbildungsfehlers verbessert.



DE 197 15 983 C 1

Die AIM AEG Infrarot Module GmbH fertigt seit den siebziger Jahren hochwertige Infrarotdetektoren mit den dazugehörigen Komponenten wie Kühler und Ausleseelektronik. Eingesetzt werden die Detektoren im militärischen Bereich, in Forschung, Medizin und Industrie. Bei den Detektoren der neuesten Generation sind die Einzelelemente in einer zweidimensionalen Struktur in der Fläche angeordnet und benötigen keinen mechanischen Scanner zur Bilderzeugung mehr. Bei dem zweidimensionalen Detektor kann eine Szene direkt durch eine geeignete Optik auf den photosensitiven Chip abgebildet werden. Die Einzelelemente werden seriell ausgelesen und durch die weitere elektronische Datenverarbeitung wieder zu einer zweidimensionalen Datenstruktur, einem Bild, zusammengesetzt.

Durch die technologisch bedingte Inhomogenität des Detektors in den Einzelelementen entsteht ein Abbildungsfehler. Es treten sowohl zeitinvariante als auch zeitvariante Inhomogenitäten auf. Bei den bisherigen Zeilenkameras mit einer eindimensionalen Detektorstruktur ist das Problem dadurch gelöst, daß der Detektor beim Abscannen der Szene regelmäßig in eine Referenzquelle schaut, und dann mit dieser Information neu kalibriert wird. Dieses Verfahren ist übertragen auf einen Detektor mit einer zweidimensionalen Struktur wegen des grossen Aufwandes in der Praxis nicht durchführbar. Die Korrektur der zeitinvarianten Inhomogenitäten bei zweidimensionalen Detektoren kann durch eine einmalige Kalibrierung an einer thermischen Referenzquelle erfolgen. Es wäre weiterhin möglich, die zeitvarianten Inhomogenitäten dann durch eine Nachkalibrierung an einer thermischen Referenzquelle durch den Anwender durchführen zu lassen. Diesen Aufwand gilt es zu vermeiden.

Aus der EP 0 601 534 A1 ist eine Methode und eine Anordnung zum Ausgleich der zeitinvarianten Inhomogenitäten eines Infrarotdetektors mit einer zweidimensionalen Struktur bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren werden zur Kalibrierung der Detektorelemente die Signalantworten unter kontrollierten Bedingungen an einem Schwarzkörperstrahler bestimmt und zur Referenz in einer sogenannten Look-Up-Tabelle abgespeichert. Bei der Bilderfassung wird das Antwortsignal der Detektorelemente mit Hilfe der in der Look-Up-Tabelle abgespeicherten Werte durch Interpolation korrigiert.

Aufgabe der Erfindung ist es daher ein Verfahren zum Korrigieren der Grauwerte von Bildern einer digitalen Infrarot-Kamera mit einem zweidimensionalen Detektor anzugeben, das im wesentlichen automatisch abläuft und bei dem auch die zeitvarianten Inhomogenitäten des Detektors ausgeglichen werden.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Verfahren erfolgt gemäss den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

Kurze Beschreibung der Figuren:

Fig. 1 zeigt das Kennlinienfeld des Detektors.

Fig. 2 zeigt die Abweichung von der mittleren Kennlinie.

Fig. 3 zeigt die Struktur der adaptiven dynamischen Korrektur.

Fig. 4 zeigt ein Strukturbild der Identifikation des Abbildungsfehlers.

Fig. 5 zeigt ein Strukturbild der Koeffizientenmodifikation.

Fig. 6 zeigt ein Strukturbild der Adaption der Offsetkoeffizienten.

Der Kern des Verfahrens ist darin zu sehen, jedes Pixel an eine mittlere Kennlinie des gesamten Detektorarrays anzupassen. Der Abbildungsfehler durch die Inhomogenität des Detektorarrays wird vorher durch Referenzmessungen bestimmt. Jedes Pixel wird individuell durch eine Korrektur mit  $n$  Koeffizienten korrigiert. Für die Abweichung der individuellen Pixelkennlinien von der mittleren Kennlinie wird dabei ein Polynom  $n$ -ter Ordnung gewählt. Die Koeffizienten werden durch die Methode kleinster Fehlerquadrate bestimmt. Voraussetzung für diese Korrekturmethode ist, daß Wechselwirkungen zwischen den Einzelelementen nicht auftreten, bzw. vernachlässigbar sind, da die Korrektur eines Pixels unabhängig von Nachbarpixeln durchgeführt wird.

Die Fig. 1 zeigt das Kennlinienfeld eines Detektors. Dabei gilt:

$\{U_j\}$ : Pixelindividuelle Kennlinie

$\langle U \rangle$ : Mittlere Kennlinie des Arrays

$[U_j]_{T_k}$ : gemittelter Wert über  $N$  Messungen bei Temperatur  $k$  des Pixels  $j$ .

$\langle U \rangle_{T_k}$ : gemittelter Wert über  $N$  Messungen bei Temperatur  $k$  über alle Pixel

Das Ziel ist die Anpassung aller individuellen Pixel an die mittlere Kennlinie des Arrays gemäss folgender Gleichung.

$$\{U_j^k\} - \{\langle U \rangle\} = \{0\}$$

Für die Abweichung der individuellen Pixelkennlinien von der mittleren Kennlinie wird ein Polynom  $n$ -ter Ordnung gewählt:

$$\Delta U^n = a_n \cdot (U)^n + a_{n-1} \cdot (U)^{n-1} + \dots + a_1 \cdot U + a_0$$

Die Messung der Kennlinie erfolgt an  $k$  Stützstellen. Somit ergibt sich die Abweichung von der mittleren Kennlinie bei der Temperatur  $i$ :

$$[\Delta U_j]_{T_i} = [\langle U \rangle]_{T_i} - [U_j]_{T_i}; \quad \text{mit } i = 1 \dots k$$

Ein Graph dieser Funktion ist in Fig. 2 dargestellt.

Die Korrekturkoeffizienten ergeben sich aus der Forderung:

$$\sum_{i=1}^k \left( [\Delta U_j^u]_{T_i} - [\Delta U_j]_{T_i} \right)^2 = \text{Min.} \quad 5$$

Mit dem Ansatz

$$\frac{\partial}{\partial a_m} \sum_{i=1}^k \left( [\Delta U_j^u]_{T_i} - [\Delta U_j]_{T_i} \right)^2 = 0 \quad \text{wobei } m=0 \dots n \quad 10$$

ergibt sich ein lineares Gleichungssystem mit  $n+1$  Gleichungen, wobei z. B. mit Hilfe des Gauß'schen Eliminationsverfahrens die Koeffizienten bestimmt werden können. 15

Mit den ermittelten Koeffizienten kann die Korrektur der Pixel vorgenommen werden. Es ergibt sich folgende Korrekturgleichung:

$$\underline{U}^k = \underline{U} + \underline{\Delta U}^a = \underline{U} + \underline{a}_n \cdot (\underline{U})^n + \underline{a}_{n-1} \cdot (\underline{U})^{n-1} + \dots + \underline{a}_1 \cdot \underline{U} + \underline{a}_0 \quad 20$$

In der Praxis hat sich ein linearer Ansatz zur Kurvenanpassung als nicht ausreichend herausgestellt. Ein nichtlinearer Ansatz ist daher erforderlich. Weiterhin haben sich dafür nicht nur Ansätze mit Polynomentwicklung mindestens 2. Grades, sondern auch andere nichtlineare Ansätze z. B. auf Basis von Exponentialfunktionen als geeignet erwiesen. 25

Die für der Korrektur jeden Bildpunktes ermittelten Korrekturkoeffizienten werden in einem Speicher abgelegt und zur Korrektur der Grauwerte der vom Detektorsystem erzeugten Bilder herangezogen. In einem geeigneten Bildverarbeitungssystem geschieht dies in Echtzeit bei der Darstellung der Bilder auf einem Bildschirm.

Die Ermittlung der Korrekturwerte für die oben beschriebene Globale Korrektur im Ortsraum erfolgt im wesentlichen einmalig bei der Kalibrierung der Detektorsysteme bei der Herstellung. Auch können Nachkalibrierungen in grösseren Zeitabständen, wie z. B. bei Wartungen vorgenommen werden. 30

Bei einem nach dem Zuvor beschriebenen Verfahren korrigierten Bildes ist ein Driften der Pixelparameter mit großen Zeitkonstanten im Bereich von Minuten bis zu Stunden erkennbar. Für den Betrachter der Bilder erscheint der dadurch entstehende Bildfehler als fixes Ortsrauschen.

Die nachfolgend beschriebenen Verfahrensschritte kompensieren die Abbildungsfehler durch ein adaptives Verbsern der Korrekturkoeffizienten jedes Bildpunktes. Basierend auf der Globalen Korrektur im Ortsraum kann durch eine Anpassung der Koeffizienten auf den Driftvorgang der Pixelparameter reagiert werden. 35

Das Ziel der dynamischen Korrektur ist es also, den Driteffekt der Pixelparameter zu kompensieren und eine Neuermittlung der Korrekturkoeffizienten jedes Bildpunktes an einem Referenzobjekt überflüssig zu machen. Die Information über den Abbildungsfehler muß dabei unabhängig von der betrachteten Szene sein, da in die Adaption der Koeffizienten keine Szeneninformation einfließen darf. 40

Das adaptive dynamische Korrekturverfahren basiert auf einer Selbstanpassung der Korrekturkoeffizienten der globalen stationären Korrektur in regelmäßigen Zeitabständen. Als stationäres Korrekturverfahren wird dabei vorzugsweise die Quadratische Korrektur verwendet. Es können auch andere nichtlineare Ansätze zur Kurvenanpassung verwendet werden. Die dynamische Korrektur stellt eine geschlossene Iterationsschleife aus den Blöcken stationäre Korrektur und Adaption dar, wobei die Adaption aus den Blöcken Identifikation, Entscheidung und Modifikation besteht. Über die Identifikation wird aus dem korrigierten Bild eine Information über den Abbildungsfehler eines Einzelpixels unabhängig von der betrachteten Szene gewonnen. Nach einem Entscheidungsprozeß erfolgt die Modifikation der Koeffizienten mit dem Ziel, daß der Abbildungsfehler möglichst schnell gegen Null konvergiert:  $e \rightarrow 0$ . 45

Die Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm der Struktur der adaptiven dynamischen Korrektur. Dabei sind 50

U: Unkorrigiertes Bild

Uk: Korrigiertes Bild

K: Korrekturkoeffizienten

e: Abbildungsfehler

K': Modifizierte Koeffizienten 55

Aufgrund der Art des Abbildungsfehlers (Impulsrauschen) ist eine Information aus dem lokalen Umfeld des jeweiligen Pixels zur Identifikation eines Abbildungsfehlers ausreichend. Dabei muß die Szeneninformation unterdrückt werden, da sie sonst in die Modifikation der Korrekturkoeffizienten einfließt.

Ein 3x3-Medianfilter hat sich beim vorliegenden Ausführungsbeispiel des Verfahrens als lokaler Filteroperator besonders bewährt. Aus der Differenz des Medianwertes zum Pixelwert wird der Abbildungsfehler bestimmt. 60

Beim Medianfilter werden die Werte aus dem Umfeld des Pixels  $j$  zu einer Zahlenreihe  $\{U_j^k\}$  der Größe nach sortiert, wobei gilt  $U_{m-1}^k < U_m^k < U_{m+1}^k$ . Der Medianfilter liefert den Wert, der in der Mitte der Zahlenreihe steht, zurück. 65

$$\tilde{U}_j^k = M(\{U_j^k\}) \quad \text{mit } U_j^k \quad \text{korrigierter Wert des Pixels } j \text{ und}$$

$$\tilde{U}_j^k \quad \text{Medianwert für das Pixel } j$$

Der Abbildungsfehler ergibt sich aus der Differenz des Medianwertes zum Pixelwert:

$$e_j = \tilde{U}_j^k - U_j^k \quad e_j \quad \text{Abbildungsfehler des Pixels } j.$$

Mit Hilfe des Abbildungsfehlers kann eine Anpassung der Korrekturkoeffizienten vorgenommen werden.

Es ist weiterhin von Vorteil, wenn der Berechnung des Abbildungsfehlers eine zeitliche Mittelung einer Anzahl von Bildern vorausgeht. Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel hat sich eine Mittelung über eine Größenordnung von ca. 100 Bildern als ausreichend herausgestellt.

Die Anpassung der Korrekturkoeffizienten orientiert sich stark an der implementierten Quadratischen Korrektur.

Die Fig. 4 zeigt ein Strukturbild der Identifikation des Abbildungsfehlers. Die Bedingung für eine ideale Identifikation, nämlich keine Information der Szene mitzuliefern, ist real nicht erfüllt. Es hat sich gezeigt, daß vor allem Kanten in den Koeffizienten "eingebrennt" werden, und bei einem Szenenwechsel als Überlagerung erscheinen. Durch Einführung eines Entscheidungsprozesses, der erkennt ob es sich um Kanten oder Impulsrauschen handelt und die Modifikation der Koeffizienten steuert, kann das vermieden werden.

Als einfaches Entscheidungskriterium, im folgenden als Update-Kriterium bezeichnet, wird die Streuung des Umfeldes verwendet, das auch für die Berechnung des Medianwertes herangezogen wird. Dabei wird die Sortierung der Zahlenreihe, die bei der Ermittlung des Medianwertes notwendig ist, ausgenutzt.

$$\{U_j^k\} = \{U_{j,1}^k, U_{j,2}^k, U_{j,3}^k, U_{j,4}^k, U_{j,5}^k, U_{j,6}^k, U_{j,7}^k, U_{j,8}^k, U_{j,9}^k\}$$

$$U_{j,m-1}^k < U_{j,m}^k < U_{j,m+1}^k \quad m = 1 \dots 9$$

Die Extremwerte werden für das Entscheidungskriterium ausgenommen. Es gilt dann:

$$(K_{up})_j = \sqrt{\frac{1}{7} \cdot \sum_{m=2}^7 (\tilde{U}_j^k - U_{j,m}^k)^2} ; \quad \text{mit } K_{up} : \text{Entscheidungskriterium}$$

Ein Vergleich zwischen einer Kante und einer Impulsstörung ist in folgender Tabelle als Beispiel vereinfacht dargestellt.

Kante:

1000	1000	2000
1000	1000	2000
1000	1000	2000

Median

$$\Rightarrow M(\{1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2\} \cdot 10^3) \Rightarrow K_{up} = 535$$

$$= 1000$$

keine Modifikation

Impuls:

1000	1000	1000
1000	2000	1000
1000	1000	1000

Median

$$\Rightarrow M(\{1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2\} \cdot 10^3) \Rightarrow K_{up} = 0$$

$$= 1000$$

Modifikation

Die Entscheidung, ob die Koeffizienten modifiziert werden, wird durch Vergleich des Entscheidungskriterium  $K_{up}$  mit einem Schwellwert  $K_S$  getroffen. Überschreitet der ermittelte Zahlenwert des Entscheidungskriteriums  $K_{up}$  den vorgegebenen Schwellwert  $K_S$  so findet keine Änderung des Korrekturkoeffizienten des betrachteten Bildpunktes statt.

$$(K_{up})_j < (K_S)_j \Rightarrow \text{Modifikation des Pixels } j$$

$K_S$  Schwellwert für die Modifikation

Dieses einfache Kriterium liefert gute Ergebnisse.

Für die Erhaltung der Bildgüte ist eine Modifikation des Offsetkoeffizienten der Quadratischen Korrektur ausreichend. Die Gain- und Quadratkoeffizienten, welche die Steigung bzw. den nichtlinearen Anteil der Abweichung von der mittleren Kennlinie darstellen, können als zeitkonstant betrachtet werden.

Die einfachste Interpretation des ermittelten Abbildungsfehlers ist die Deutung als Offsetfehler der stationären Korrektur. Mit einem geeigneten Algorithmus ist damit eine Nachführung der Offsetkoeffizienten, die unabhängig von den anderen Koeffizienten sind, möglich. Die Umsetzung liefert gute Ergebnisse und rechtfertigt diese Interpretation.

Zur Verbesserung wird im Ausführungsbeispiel ein Integralregler verwendet,  $\dot{u} = k_i \cdot e$ . Umgesetzt auf den Offsetkoeffizient ergibt sich (diskretisiert):

$$(o_j)_{n+1} = (o_j)_n + k_i \cdot (e_j)_n$$

mit:

$O_j$ : Offsetkoeffizient des Pixels  $j$   
 $e_j$ : Abbildungsfehler des Pixels  $j$   
 $k_j$ : Gewichtung

Die Fig. 5 zeigt ein Strukturbild der Koeffizientenmodifikation.

Bei dem im Ausführungsbeispiel realisierten Verfahren wurde für alle Pixel die selbe Gewichtung des Abbildungsfehlers verwendet. Denkbar wäre eine pixelindividuelle Gewichtung, um die Adaption auf das jeweilige Pixel abzustimmen. Die Gewichtung bestimmt – zusammen mit der Abtastzeit des Update-Zyklus – die Zeitkonstante, mit der auf einen ermittelten Abbildungsfehler reagiert wird. Dabei bedeutet  $k_j \rightarrow 1$  schnelle und  $k_j \rightarrow 0$  langsame Anpassung.

Mit allen Komponenten ergibt sich das in Fig. 6 gezeigte Strukturbild der Adaption der Offsetkoeffizienten für den dynamischen Teil des Korrekturverfahrens:

Bei der Realisierung des Korrekturverfahrens hat sich gezeigt, daß zunächst ein hinreichendes, stationäres Korrekturverfahren zu implementieren ist. Eine Quadratische Korrektur hat sich aufgrund der auftretenden Nichtlinearitäten zwischen den Pixelkennlinien als notwendig herausgestellt, damit die Restinhomogenität kleiner als das Zeitrauschen des Detektors wird. Bei der Untersuchung der auftretenden dynamischen Effekte kann ein Driften beobachtet werden, daß sich unter der Voraussetzung der Quadratischen Korrektur als kompensierbar erweist. Durch die Quadratische Korrektur reduzieren sich die durch das Driften entstehenden Inhomogenitäten im wesentlichen auf ein räumliches Impulsrauschen, das durch eine lokale Adaption abgefangen werden kann. Entscheidend ist die Tatsache, daß die Information über die Inhomogenität aus der lokalen Umgebung des Pixels gewonnen werden kann, und nicht eine globale Anpassung wie bei der stationären Korrektur durchgeführt werden muß.

Das Verfahren nach der Erfindung setzt sich aus einem parameteradaptiven Reglerkonzept mit Identifikation, Entscheidungsprozeß und Modifikation zusammen. Das adaptive dynamische Korrekturverfahren ermöglicht es, den Detektor über einen weiten Temperaturbereich zu kalibrieren, wobei die Anpassung an den jeweiligen Arbeitsbereich, der sich üblicherweise nur über wenige Kelvin erstreckt, selbstanpassend durch die Korrektur erfolgt. Ein Problem des Verfahrens bleibt der Rest an Szeneninformation, die bei der Ermittlung des Abbildungsfehlers nicht unterdrückt wird und mit in die Koeffizienten eingeht. Die Folgen sind das Einfrieren von Kanten und eine Verschmierung von Kanten bei langer Betrachtung von fixen Szenen, wobei aber durch die Wahl der Parameter Update-Schwellwert und Gewichtung des Abbildungsfehlers ein tragbarer Kompromiß eingestellt werden kann.

Abschließend läßt sich sagen, daß mit der vorliegenden Erfindung die Möglichkeit einer langzeitstabilen Korrektur von zweidimensionalen Infrarotdetektoren ohne ständige Neukalibration durch eine thermische Referenzquelle erreicht wird.

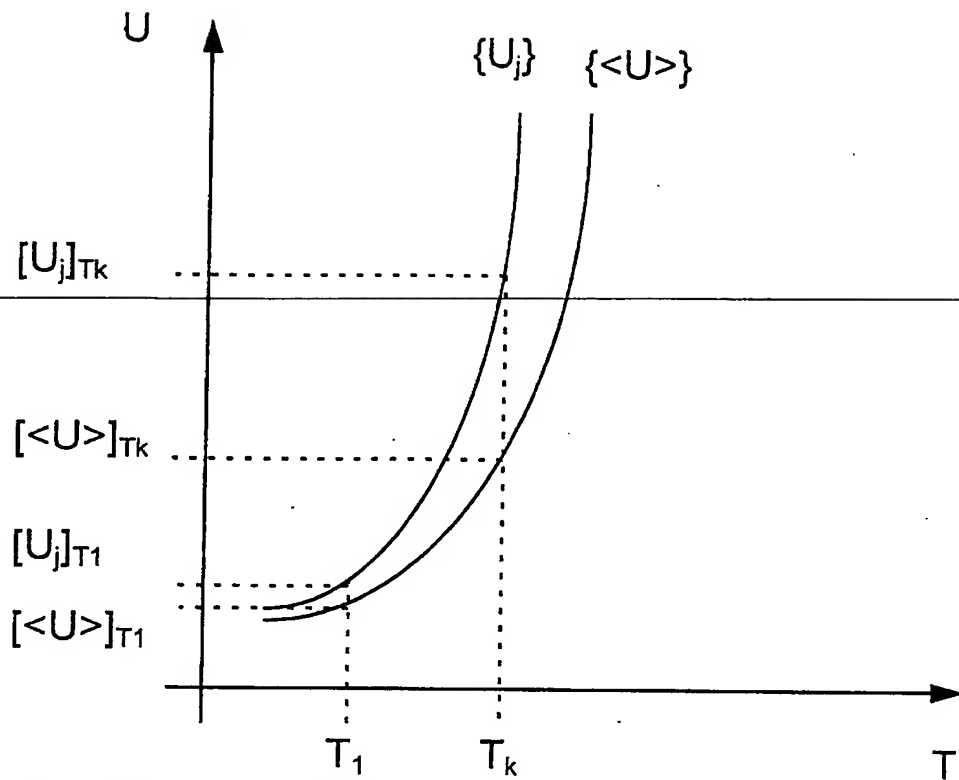
#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Korrigieren der Grauwerte von Bildern einer digitalen Infrarot-Kamera mit einem zweidimensionalen Detektor, wobei in einem Speicher eines Bildverarbeitungssystems Korrekturkoeffizienten  $K$  für jeden Bildpunkt  $j$  abgelegt sind, mit folgenden Verfahrensschritten:
  - Erfassen der Grauwerte  $U_j$  eines Bildes;
  - Korrigieren der Grauwerte  $U_j$  des Bildes mit Hilfe der Korrekturkoeffizienten  $K$  und zwischenspeichern der korrigierten Grauwerte  $U_{kj}$ ;
  - Filtern der korrigierten Grauwerte  $U_{kj}$  durch einen lokal wirkenden adaptiven Filter  $M$ ;
  - Bestimmen des verbleibenden Abbildungsfehlers  $e_j$  mit Hilfe der Grauwerte  $U_{kj}$  des ungefilterten korrigierten Bildes und der Grauwerte  $F(U_{kj})$  des gefilterten korrigierten Bildes;
  - Verbessern aller Korrekturkoeffizienten  $K$  mit Hilfe des ermittelten verbleibenden Abbildungsfehlers  $e_j$ ;
  - Ablegen der verbesserten Korrekturkoeffizienten  $K$  im Speicher des Bildverarbeitungssystems.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturkoeffizienten  $K$  einmalig bei einer werkseitigen Kalibrierung an einer thermischen Referenzquelle ermittelt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kalibrierung folgende Verfahrensschritte aufweist:
  - Bestimmen einer mittleren Grauwertkennlinie  $\langle U \rangle(T)$  für den Detektor;
  - Bestimmen der Korrekturkoeffizienten  $K$  der Grauwertkennlinie  $U_j(T)$  an die mittlere Grauwertkennlinie  $\langle U \rangle(T)$  für jeden Bildpunkt  $j$  mittels eines nichtlinearen Ansatzes zur Kurvenanpassung
  - Ablegen der Korrekturkoeffizienten  $K$  im Speicher des Bildverarbeitungssystems zur Korrektur der Grauwerte  $U_j$  jedes Bildpunktes während dem Betreiben.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kurvenanpassung eine Polynomapproximation zweiter Ordnung verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß zur adaptiven Filterung ein  $3 \times 3$  Medianfilter verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß der verbleibende Abbildungsfehler  $e_j$  der Differenz der Grauwerte  $U_{kj}$  des ungefilterten korrigierten Bildes und der Grauwerte  $F(U_{kj})$  des gefilterten korrigierten Bildes entspricht.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, daß ein zusätzliches Entscheidungskriterium  $K_{Up}$  für jedes Pixel erfüllt sein muss, damit eine Verbesserung des jeweiligen Korrekturkoeffizienten erfolgt.

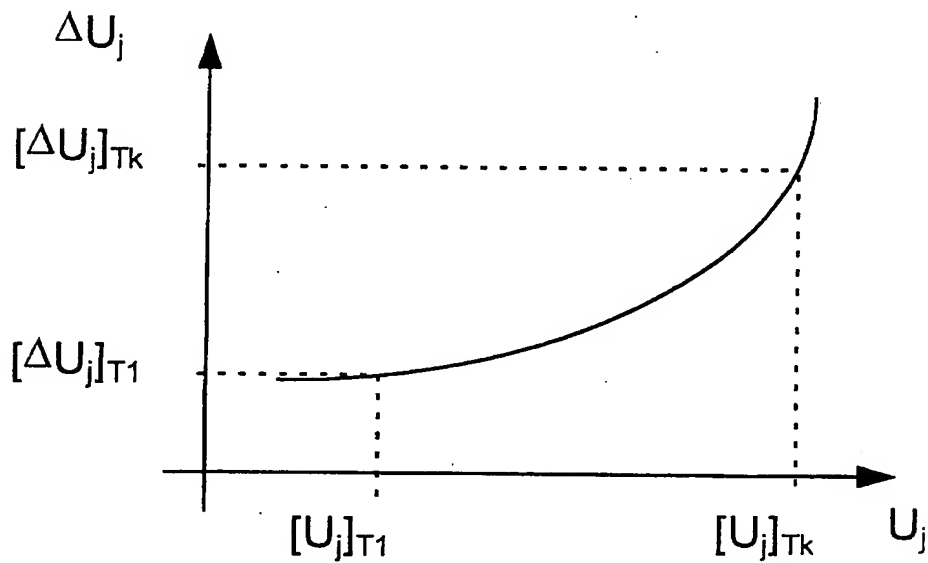
Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

---

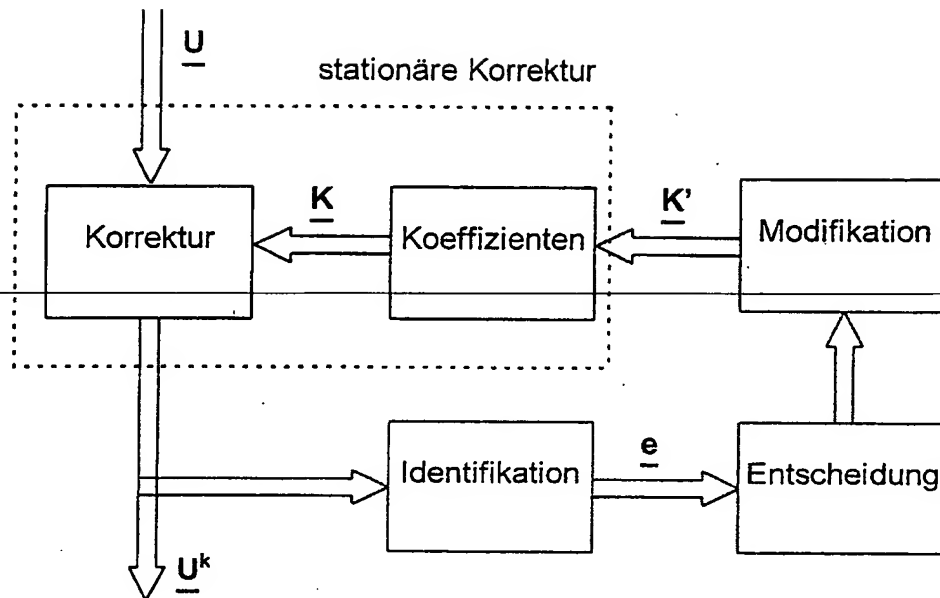


Figur 1 Kennlinienfeld des Detektors

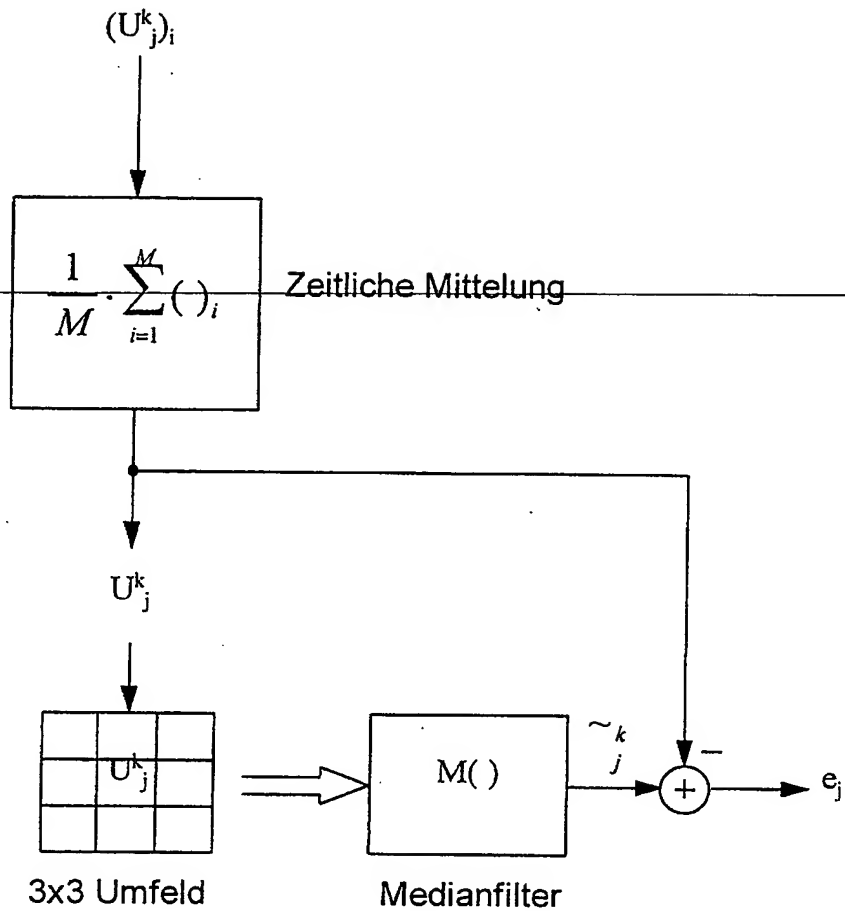


Figur 2 Abweichung von der mittleren Kennlinie

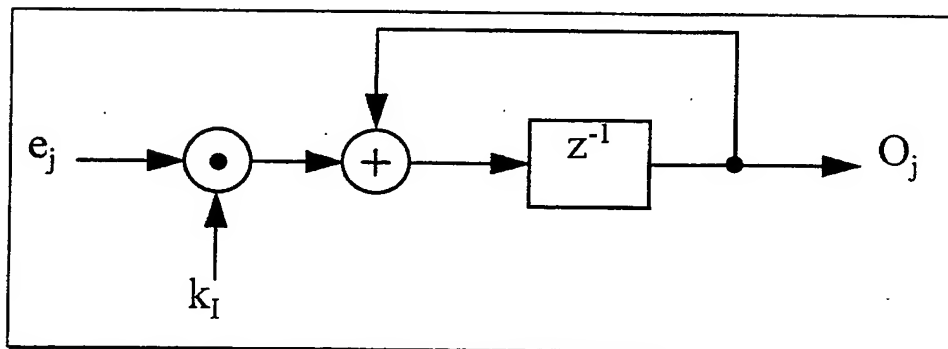




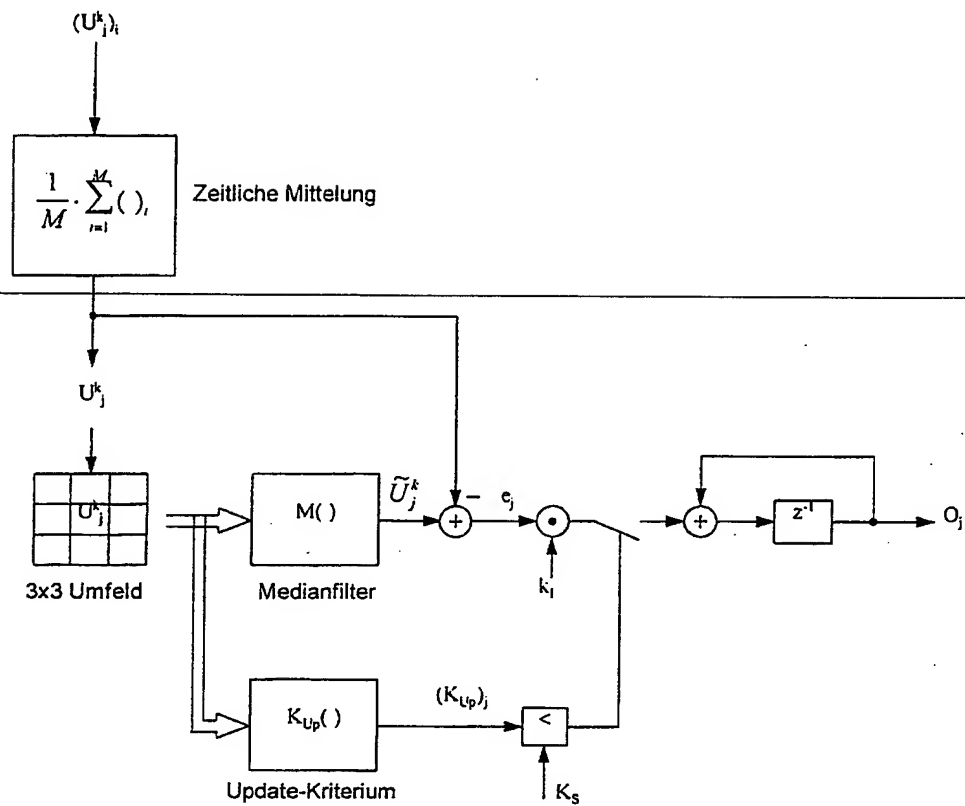
Figur 3 Struktur der adaptiven dynamischen Korrektur



Figur 4 Strukturbild der Identifikation des Abbildungsfehlers



Figur 5 Strukturbild der Koeffizientenmodifikation



Figur 6 Strukturbild der Adaption der Offsetkoeffizienten